

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 11 JUIN 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*01

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/2**



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 300301

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>10 JUIN 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS B</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0207110</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>10 JUIN 2002</b>		<b>11 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  84, rue d'Amsterdam 75440 PARIS CEDEX 09	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> <b>BFF020166</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  <b>PROCEDE DE SONORISATION.</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		<b>CYNOVE</b>	
Prénoms			
Forme juridique		<b>Société à Responsabilité Limitée</b>	
N° SIREN		<b>433659174</b>	
Code APE-NAF			
Adresse		<b>35, rue Tournefort 75005 PARIS Cédex 05</b>	
Rue			
Code postal et ville			
Pays		<b>FRANCE</b>	
Nationalité		<b>Française</b>	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

10 JUIN 2002

LIEU

75 INPI PARIS B

N° D'ENREGISTREMENT

0207110

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

09 540 17 / 300301

**Vos références pour ce dossier :**

BFF020166

(facultatif)

**6 MANDATAIRE**

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet PLASSERAUD

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

84, rue d'Amsterdam

Adresse

Rue

Code postal et ville

75009 PARIS

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui

☒ Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒

☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui

☐ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :

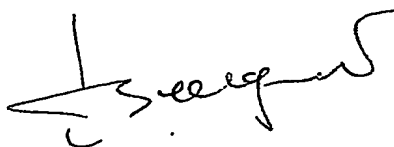
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes

**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**

(Nom et qualité du signataire)

Francis BEROGIN  
92-4005



C. TRAN

Procédé de sonorisation.

La présente invention est relative aux procédés de sonorisation, comprenant une correction de la réponse d'enceintes acoustiques.

Il existe un besoin en outils de correction de la réponse des enceintes acoustiques car si les supports analogiques ou numériques de représentation des données acoustiques permettent de stocker et de restituer ces grandeurs avec une dynamique élevée (par exemple 96 dB ou plus) et un bon respect de la phase, sur toute la bande acoustique audible, les haut-parleurs constituent l'élément le plus faible dans une chaîne de restitution du son. De nombreuses techniques ont été proposées dans le passé pour tenter de résoudre ce problème.

Ainsi, on peut corriger l'amplitude au niveau d'un amplificateur qui alimente un ou plusieurs haut-parleurs, en utilisant un gabarit de gain de l'amplificateur en fonction de la fréquence. De cette manière, pour un haut-parleur ayant une réponse en amplitude inférieure à la moyenne dans une bande spectrale donnée, on accentue l'amplification dans ladite bande afin que le son émis soit sensiblement constant dans toute la bande audible. Pour cela, il a été proposé dans le document US-A-4 458 362, d'élaborer le gabarit de gain en question à partir de signaux de tests émis par le haut-parleur. La technique utilisée dans ce document soulève de nombreux problèmes de mise en œuvre en situation réelle et en particulier en milieu réverbérant. Surtout, cette technique ne conserve pas la phase des signaux électriques à transformer en signaux acoustiques.

Une deuxième approche, très utilisée pour corriger la réponse d'une enceinte, consiste à regrouper dans une enceinte plusieurs haut-parleurs ayant chacun de bonnes caractéristiques dans une bande spectrale donnée et

d'interposer entre l'entrée de l'enceinte et les haut-parleurs, des filtres qui vont sélectivement envoyer vers chaque haut-parleur les composantes spectrales du signal électrique les mieux adaptées à ce haut-parleur. Ce  
5 procédé, qui permet d'améliorer la réponse en amplitude globale de l'enceinte, présente le grave inconvénient  
~~d'introduire des déphasages à plusieurs niveaux dans le~~  
système et ainsi de ne pas permettre une reproduction fidèle en ce qui concerne la phase des signaux à  
10 reproduire.

Or, dans beaucoup de cas, pour assurer une bonne qualité d'écoute, il est plus important de respecter la phase que l'amplitude.

Il a été également proposé, dans le document US-A-5  
15 815 580, d'utiliser un filtre correcteur ayant un gabarit apte à corriger les seuls déphasages introduits par les filtres passifs présents dans l'enceinte acoustique. Une telle solution présente de graves inconvénients ; en particulier, elle ne compense pas les déphasages introduits  
20 par les haut-parleurs eux-mêmes et elle ne prend pas en compte l'environnement de l'enceinte, de sorte que la correction de phase effectuée par le filtre correcteur proposé dans ce document est inefficace. De plus, elle nécessite :

25 - soit l'accès aux filtres passifs par l'utilisateur, ce qui requiert un démontage de l'enceinte qui n'est évidemment pas souhaitable,

- soit la mise en place dans l'enceinte, lors de sa fabrication, de moyens de déconnexion des haut-parleurs  
30 des filtres et d'accès électriques à la sortie desdits filtres, ce qui introduit des surcoûts et entraîne des risques de parasites électriques.

Une autre technique connue, divulguée notamment dans le document US-A-4 888 808, utilise, à partir de la  
35 réponse impulsionnelle initiale de l'enceinte acoustique,

une suite d'opérations fondées sur la transformation de Fourier pour obtenir dans un premier temps, la réponse de l'enceinte dans le domaine fréquentiel, en amplitude et en phase et dans un second temps, le gabarit d'un filtre correcteur, qui, utilisé pour alimenter l'enceinte acoustique, est censé corriger les défauts de phase tout en respectant en théorie l'amplitude des signaux. La mise en œuvre pratique d'une telle solution à partir de processeurs de traitement du signal présente de graves inconvénients.

10 En effet, la réponse impulsionnelle d'enceintes acoustiques dans le domaine fréquentiel, particulièrement en milieu réverbérant, présente des écarts considérables dans l'amplitude des signaux en fonction de la fréquence : il est fréquent que la réponse en amplitude d'une enceinte

15 présente des pics vers le haut et vers le bas qui peuvent atteindre 50 dB et dont la largeur en fréquence est souvent faible. Par conséquent, avec la technique proposée dans le document US-A-4 888 808, la construction du gabarit d'un filtre correcteur efficace pour obtenir une correction

20 satisfaisante implique des puissances de calcul considérables, ce qui entraîne l'utilisation de processeurs coûteux. De plus même ces processeurs coûteux n'ont bien évidemment pas une dynamique infinie, ce qui conduit à des améliorations insuffisantes.

25 La présente invention a notamment pour but de proposer un procédé de correction de la réponse d'une enceinte acoustique qui permette de conserver la phase des signaux à reproduire dans une large bande de fréquences, tout en nécessitant une puissance de calcul réduite

30 compatible avec les dimensions et les coûts d'appareils de reproduction des sons destinés au grand public.

A cet effet, la présente invention propose un procédé de sonorisation d'un espace afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes

35 acoustiques représentatives d'un signal  $X(t)$ , au moyen d'au

moins une enceinte acoustique comportant une entrée commandant un nombre  $n$  de haut-parleurs,  $n$  étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comprenant au moins une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique  
 5 à l'entrée de l'enceinte acoustique un signal électrique  $P(t) = W(t) \otimes X(t)$ , où :

---

-  $\otimes$  est l'opérateur mathématique produit de convolution et

-  $W(t)$  représente un gabarit de filtre  
 10 préalablement déterminé et mémorisé, ledit procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine le gabarit de filtre  $W(t)$  comme suit :

$W(t) = S(-t) \otimes I(t)$ , où :

15 -  $S(-t)$  est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle  $S(t)$  entre l'enceinte et une zone cible appartenant à l'espace à sonoriser,  $t$  représentant le temps,

- et  $I(t)$  est la réponse temporelle du produit  
 20  $e^{-2i\pi f t_0} \cdot S_c(f)$ , où  $f$  représente la fréquence,  $t_0$  est un coefficient de décalage temporel et  $S_c(f) = 1/(S_1(f))^\alpha$ ,  $\alpha$  étant un nombre positif non nul et  $S_1(f)$  étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module  $|S(f)|$  de la réponse en fréquence  $S(f)$  de la réponse impulsionnelle  $S(t)$ .

25 Grâce à ces dispositions, qui permettent une compensation des déphasages introduits par l'enceinte acoustique, les informations transmises sous forme d'ondes acoustiques sont reçues parfaitement en phase dans la zone cible.

30 De plus, grâce à l'écrêtage du signal  $S(f)$ , le procédé selon l'invention ne nécessite qu'une capacité de calcul relativement faible, compatible avec les coûts modérés exigés pour des appareils destinés au grand public.

Enfin, les inventeurs ont pu constater que  
 35 l'écrêtage du signal  $S(f)$  ne nuit pas à la qualité de

l'écoute, grâce à un effet dit "effet de masque", qui fait que l'oreille humaine discerne avec une sensibilité diminuée les sons de fréquence voisine d'une fréquence donnée où un signal est bien audible.

5 La qualité d'écoute obtenue grâce à la présente invention est donc excellente, pour un coût modéré.

Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

10 - au cours de l'étape d'apprentissage, on détermine la fonction  $Sc(f)$  comme suit :

. pour  $S_{f moy}.R2 < |S(f)| < S_{f moy}.R1$ ,  $Sc(f) = 1/|S(f)|^\alpha$ ,  
 $R1$  et  $R2$  étant deux nombres positifs,  $R1$  étant supérieur à  $R2$  et  $S_{f moy}$  étant la valeur moyenne de  $|S(f)|$ ,

15 . pour  $|S(f)| \leq S_{f moy}.R2$ ,  $Sc(f) = 1/(S_{f moy}.R2)^\alpha$ ,

. pour  $|S(f)| \geq S_{f moy}.R1$ ,  $Sc(f) = 1/(S_{f moy}.R1)^\alpha$  ;

- le coefficient de décalage temporel  $t0$  est compris entre 0 et  $Tmax$ ,  $Tmax$  étant la durée d'enregistrement de la réponse  $S(t)$  ;

20 -  $I(t)$  est obtenu en utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier inverse du produit  $e^{-2i\pi f t0}.Sc(f)$  ;

- la réponse impulsionnelle  $S(t)$  est mémorisée sur un nombre  $2^k$  d'échantillons et  $S(f)$  est calculée à partir de  $S(t)$ , en utilisant une technique de transformée

25 de Fourier rapide de  $S(t)$  ;

- la réponse impulsionnelle  $S(t)$  est mémorisée sur un nombre  $2^k$  d'échantillons et  $I(t)$  est calculée à partir du produit  $e^{-2i\pi f t0}.Sc(f)$  en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide inverse ;

30 -  $\alpha$  vaut 1 ;

- les coefficients  $R1$  et  $R2$  sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 24 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur 16 bits) ;

35 - les coefficients  $R1$  et  $R2$  sont choisis de façon



à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 12 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur 16 bits) ;

- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 36 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur plus de 16 bits) ;

- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 48 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur plus de 16 bits) ;

- la valeur Sfmoy est calculée pour une bande de fréquences fb ne représentant qu'une partie des fréquences audibles.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description détaillée suivante d'une de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins joints.

Sur les dessins :

- la figure 1 est un schéma de principe montrant un exemple de dispositif pouvant mettre en œuvre le procédé selon l'invention, en fonctionnement normal, c'est à dire pendant la phase de sonorisation susmentionnée,

- et la figure 2 est un schéma similaire à la figure 1, montrant le dispositif pendant la phase initiale d'apprentissage.

Comme représenté sur la figure 1, le procédé selon l'invention permet de sonoriser un espace 100 en assurant une écoute optimale à un auditeur 102 dans une zone cible 101 de l'espace 100.

L'espace à sonoriser 100 peut être par exemple une salle d'écoute équipée d'au moins une enceinte acoustique 2, comprenant un nombre n de haut-parleurs 22, 24, n étant un entier naturel au moins égal à 1, par exemple égal à 2

ou supérieur.

Les hauts-parleurs 22, 24 de l'enceinte 2 peuvent par exemple être alimentés par une entrée commune 25 à travers des filtres passifs, respectivement 21, 23.

5 L'entrée 25 reçoit un signal électrique  $P(t)$  issu d'un calculateur 5 et amplifié par un amplificateur 6 (l'amplificateur 6 et le calculateur 5 peuvent bien entendu être compris dans un même boîtier).

Le calculateur 5 peut comporter par exemple :

10 - une unité de calcul 51 qui reçoit un signal électrique  $X(t)$  à reproduire sous forme sonore dans l'espace 100 ( $t$  représente le temps),

- un filtre correcteur 54 de gabarit  $W(t)$  recevant les signaux issus de l'unité de calcul 51,

15 - et un convertisseur numérique-analogique 52 qui reçoit les signaux numériques issus du filtre 52 et envoie des signaux analogiques correspondants à l'amplificateur 6.

On notera que le filtre 54 susmentionné peut être simplement un module logiciel chargé dans le calculateur 5 et que le convertisseur numérique-analogique pourrait être  
20 supprimé en utilisant des haut-parleurs numériques.

Le procédé selon l'invention permet notamment d'éviter les déphasages que subissaient habituellement les ondes sonores à leur arrivée au niveau de l'auditeur 102, avec les systèmes de l'art antérieur. Ces déphasages ont  
25 plusieurs origines, en particulier :

- les filtres passifs 21 et 23 présents dans l'enceinte 2 sont différents et par conséquent ils introduisent des déphasages différents,

30 - de la même façon, les  $n$  haut-parleurs 22, 24 sont différents et introduisent des déphasages différents, etc.

A cet effet, selon l'invention, le signal électrique  $X(t)$  est traité par le filtre correcteur 54 du  
35 calculateur 5 lors des phases de sonorisation, c'est à dire

pendant le fonctionnement normal du dispositif de sonorisation. Lors de ce traitement, le filtre 54 calcule  $P(t)$  en effectuant le produit de convolution suivant :  $P(t) = W(t) \otimes X(t)$ .

5 Pour déterminer le gabarit  $W(t)$  au cours d'une étape initiale d'apprentissage, comme représenté sur la figure 2, on procède tout d'abord à une opération de calibration acoustique de l'espace 100 en déterminant la réponse impulsionnelle  $S(t)$  entre l'enceinte acoustique 2 et un point de calibration 103 de la zone cible 101.

10 Le point de calibration 103 peut être par exemple situé entre 50 cm et 1 m 50 au-dessus du sol.

La réponse impulsionnelle  $S(t)$  correspond au signal acoustique reçu au point 103 lorsque l'enceinte acoustique émet une impulsion acoustique de courte durée.

15 Cette réponse impulsionnelle peut être mesurée de préférence à un moment où l'espace 100 n'est pas pollué par d'autres signaux acoustiques que ceux émis par l'enceinte 2, par exemple en faisant émettre par l'enceinte 2 une courte impulsion acoustique et en mesurant les signaux acoustiques reçus à la suite de cette impulsion au niveau du point de calibration 103, au moyen d'un microphone 11 préalablement disposé au point 103.

25 Dans l'exemple particulier représenté sur la figure 2, l'enceinte acoustique 2 reçoit du calculateur 5 le signal impulsionnel à émettre.

Par ailleurs, le microphone 11 situé au point de calibration 103 est relié à un amplificateur 12 lui-même relié à un convertisseur analogique-numérique 3, ce convertisseur pouvant par exemple être relié au calculateur 5, de façon que les signaux captés par le microphone 11 puissent être mémorisés par le calculateur 5 pour le point de calibration 103.

35 La réponse impulsionnelle  $S(t)$  ainsi mémorisée par le calculateur 5 est ensuite inversée temporellement par ce

calculateur 5, qui mémorise finalement l'inversée temporelle de la réponse impulsionnelle,  $S(-t)$ .

Une fois l'opération de calibration terminée, on démonte le microphone 11 avec son amplificateur 12 et son convertisseur 3.

Par la suite, si l'on a enregistré  $S(t)$  sur un nombre  $2^K$  d'échantillons, le calculateur 5 détermine par une technique de transformée de Fourier rapide la réponse en fréquence  $S(f)$  de la réponse impulsionnelle  $S(t)$ .

On rappelle que pour un vecteur d'entrée  $S(t)$  comportant  $2^K$  échantillons,  $S(f)$  est un vecteur de  $2^K$  échantillons avec :

$$S(f) = \sum_{m=1}^{2^K} S(m) \cdot e^{-2i\pi(f-1)(m-1)/2^K}, \text{ pour } 1 \leq f \leq 2^K.$$

Par la suite, le calculateur 5 effectue la séquence d'opérations suivantes :

- il détermine et mémorise le module de  $S(f)$ , à savoir  $|S(f)|$ ,

- il détermine et mémorise la valeur moyenne atteinte par  $|S(f)|$ , notée  $Sf_{moy}$  (moyenne arithmétique, logarithmique ou autre),

- pour toutes les fréquences  $f$ , telles que  $Sf_{moy}.R2 < |S(f)| < Sf_{moy}.R1$ , il construit et mémorise  $Sc(f)$  comme  $1/|S(f)|^\alpha$ ,

- pour toutes les fréquences  $f$ , telles que  $|S(f)| \leq Sf_{moy}.R2$ , il construit et mémorise  $Sc(f)$  comme  $1/(Sf_{moy}.R2)$ ,

- pour toutes les fréquences  $f$ , telles que  $|S(f)| \geq Sf_{moy}.R1$ , il construit et mémorise  $Sc(f)$  comme  $1/(Sf_{moy}.R1)^\alpha$ ,  $\alpha$  étant un nombre réel positif non nul, avantageusement égal à 1,

- il effectue la multiplication de  $Sc(f)$ , par une fonction  $y(f) = e^{-2i\pi f t_0}$ , où  $t_0$  est un décalage temporel compris entre 0 et  $T_{max}$  [ $T_{max}$  est la durée d'enregistrement de la réponse impulsionnelle  $S(t)$ ] choisi pour respecter la

chronologie des événements (principe de causalité) :  $t_0$  peut avantageusement être choisi égal à  $T_{\max}/2$ , ou égal à une valeur inférieure,

- et finalement détermine et mémorise le résultat

$$5 \quad I(f) = y(f) \cdot Sc(f).$$

On notera que la fonction  $Sc(f)$  pourrait plus généralement être calculée sous la forme  $Sc(f) = 1/[S_1(f)]^a$ , où  $S_1(f)$  est une fonction obtenue par écrêtage du module de  $S(f)$ .

10 Le calculateur (5) calcule alors la transformée de Fourier inverse de  $I(f)$ , à savoir  $I(t)$ .

On rappelle que la transformée de Fourier rapide inverse de  $I(f)$ ,  $I(t)$  est un vecteur de  $2^K$  échantillons avec :

$$15 \quad I(t) = (1/2^K) \cdot \sum_{m=1}^{2^K} I(m) \cdot e^{2i\pi(m-1)(t-1)/2^K}, \quad 1 \leq t \leq 2^K.$$

Le gabarit de filtre  $W(t)$  est alors obtenu par le calculateur 5 en effectuant le produit de convolution  $S(-t)$  avec  $I(t)$ , ce qui permet de mettre en place le module logiciel de filtre 54 dans le calculateur 5 et clôt l'étape d'apprentissage.

20 On rappelle que le produit de convolution d'une fonction  $f(t)$  par une fonction  $g(t)$  vaut :

$$f(t) \otimes g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) \cdot g(t-\tau) \cdot d\tau.$$

Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs de ce qui précède, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation particulier qui vient d'être décrit ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes, notamment celles dans lesquelles :

- la réponse impulsionnelle  $S(t)$  est déterminée autrement qu'en faisant émettre des signaux acoustiques impulsionsnels, par exemple en faisant émettre un bruit blanc ou des suites de signaux prédéterminés dont on peut extraire la réponse  $S(t)$  par des méthodes de calcul connues

en soi, explicitées par exemple dans le document FR-A-2 747 863 pour le calcul des réponses impulsionnelles dans le domaine des ondes radio-électriques.

- l'espace à sonoriser serait autre qu'une salle  
5 d'écoute, par exemple une salle anéchoïde, l'objectif étant dans ce cas par exemple de réaliser un ensemble unité de traitement et enceinte acoustique tel que la phase des ondes acoustiques émises par l'enceinte acoustique respecte la phase des signaux électriques envoyés à l'entrée dudit  
10 ensemble.

REVENDICATIONS

1. Procédé de sonorisation d'un espace (100) afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques représentatives d'un signal  $X(t)$ , au moyen d'au moins une enceinte acoustique (2) comportant une entrée (25) commandant un nombre  $n$  de haut-parleurs (22, 24),  $n$  étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comprenant au moins une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique à l'entrée de l'enceinte acoustique (2) un signal électrique  $P(t) = W(t) \otimes X(t)$ , où :

-  $\otimes$  est l'opérateur mathématique produit de convolution et

-  $W(t)$  représente un gabarit de filtre préalablement déterminé et mémorisé, ledit procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine le gabarit de filtre  $W(t)$  comme suit :

$W(t) = S(-t) \otimes I(t)$ , où :

-  $S(-t)$  est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle  $S(t)$  entre l'enceinte et une zone cible (101) appartenant à l'espace à sonoriser (100),  $t$  représentant le temps,

- et  $I(t)$  est la réponse temporelle du produit  $e^{-2i\pi f t_0} \cdot Sc(f)$ , où  $f$  représente la fréquence,  $t_0$  est un coefficient de décalage temporel et  $Sc(f) = 1/(S1(f))^a$ ,  $a$  étant un nombre positif non nul et  $S1(f)$  étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module  $|S(f)|$  de la réponse en fréquence  $S(f)$  de la réponse impulsionnelle  $S(t)$ .

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, on détermine la fonction  $Sc(f)$  comme suit :

pour  $S_{f\text{moy}} \cdot R2 < |S(f)| < S_{f\text{moy}} \cdot R1$ ,  $Sc(f) = 1/|S(f)|^a$ ,  $R1$  et  $R2$  étant deux nombres positifs,  $R1$  étant supérieur à  $R2$  et  $S_{f\text{moy}}$  étant la valeur moyenne de  $|S(f)|$ ,

pour  $|S(f)| \leq S_{f\text{moy}}.R2$ ,  $Sc(f) = 1/(S_{f\text{moy}}.R2)^a$ ,

pour  $|S(f)| \geq S_{f\text{moy}}.R1$ ,  $Sc(f) = 1/(S_{f\text{moy}}.R1)^a$ .

3. Procédé selon l'une quelconque des  
5 revendications précédentes, dans lequel le coefficient de décalage temporel  $t_0$  est compris entre 0 et  $T_{\text{max}}$ ,  $T_{\text{max}}$  étant la durée d'enregistrement de la réponse  $S(t)$ .

4. Procédé selon l'une quelconque des  
revendications précédentes, dans lequel  $I(t)$  est obtenu en  
10 utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier inverse du produit  $e^{-2i\pi f t_0}.Sc(f)$ .

5. Procédé selon l'une quelconque des  
revendications précédentes, dans lequel la réponse  
impulsionnelle  $S(t)$  est mémorisée sur un nombre  $2^k$   
15 d'échantillons et  $S(f)$  est calculée à partir de  $S(t)$ , en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide de  $S(t)$ .

6. Procédé selon l'une quelconque des  
revendications précédentes, dans lequel la réponse  
20 impulsionnelle  $S(t)$  est mémorisée sur un nombre  $2^k$  d'échantillons et  $I(t)$  est calculée à partir du produit  $e^{-2i\pi f t_0}.Sc(f)$  en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide inverse.

7. Procédé selon l'une quelconque des  
25 revendications précédentes, dans lequel  $\alpha$  vaut 1.

8. Procédé selon l'une quelconque des  
revendications précédentes, dans lequel les coefficients  $R1$   
et  $R2$  sont choisis de façon à obtenir une excursion  
d'amplitude choisie parmi une excursion d'environ 12 dB,  
30 une excursion d'environ 24 dB, une excursion d'environ 36 dB, et une excursion d'environ 48 dB.

9. Procédé selon l'une quelconque des  
revendications précédentes, dans lequel la valeur  $S_{f\text{moy}}$  est  
calculée pour une bande de fréquences  $f_b$  ne représentant  
35 qu'une partie des fréquences audibles.



- pour  $|S(f)| \leq S_{f\text{moy}}.R2$ ,  $Sc(f) = 1/(S_{f\text{moy}}.R2)^\alpha$ ,
- pour  $|S(f)| \geq S_{f\text{moy}}.R1$ ,  $Sc(f) = 1/(S_{f\text{moy}}.R1)^\alpha$ .

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir  
 5 une excursion d'amplitude choisie parmi une excursion d'environ 12 dB, une excursion d'environ 24 dB, une  
~~excursion d'environ 36 dB, et une excursion d'environ 48~~  
 dB.

4. Procédé selon la revendication 2 ou la  
 10 revendication 3, dans lequel la valeur  $S_{f\text{moy}}$  est calculée pour une bande de fréquences  $f_b$  ne représentant qu'une partie des fréquences audibles.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le coefficient de  
 15 décalage temporel  $t_0$  est compris entre 0 et  $T_{\text{max}}$ ,  $T_{\text{max}}$  étant la durée d'enregistrement de la réponse  $S(t)$ .

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel  $I(t)$  est obtenu en  
 20 utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier inverse du produit  $e^{-2i\pi f t_0} . Sc(f)$ .

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la réponse  
 impulsionnelle  $S(t)$  est mémorisée sur un nombre  $2^K$   
 d'échantillons et  $S(f)$  est calculée à partir de  $S(t)$ , en  
 25 utilisant une technique de transformée de Fourier rapide de  $S(t)$ .

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la réponse  
 impulsionnelle  $S(t)$  est mémorisée sur un nombre  $2^K$   
 30 d'échantillons et  $I(t)$  est calculée à partir du produit  $e^{-2i\pi f t_0} . Sc(f)$  en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide inverse.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel  $\alpha$  vaut 1.

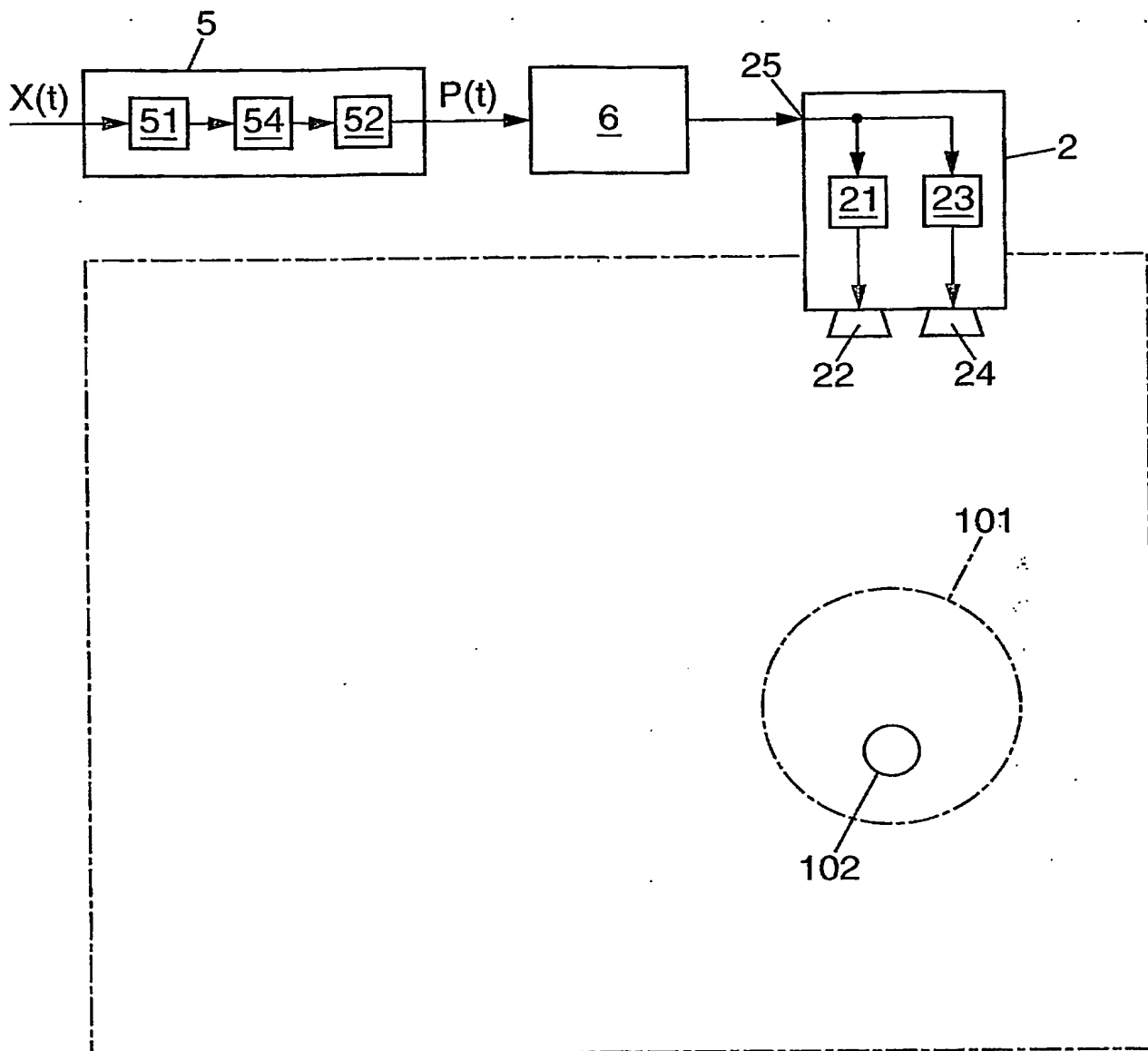


FIG. 1

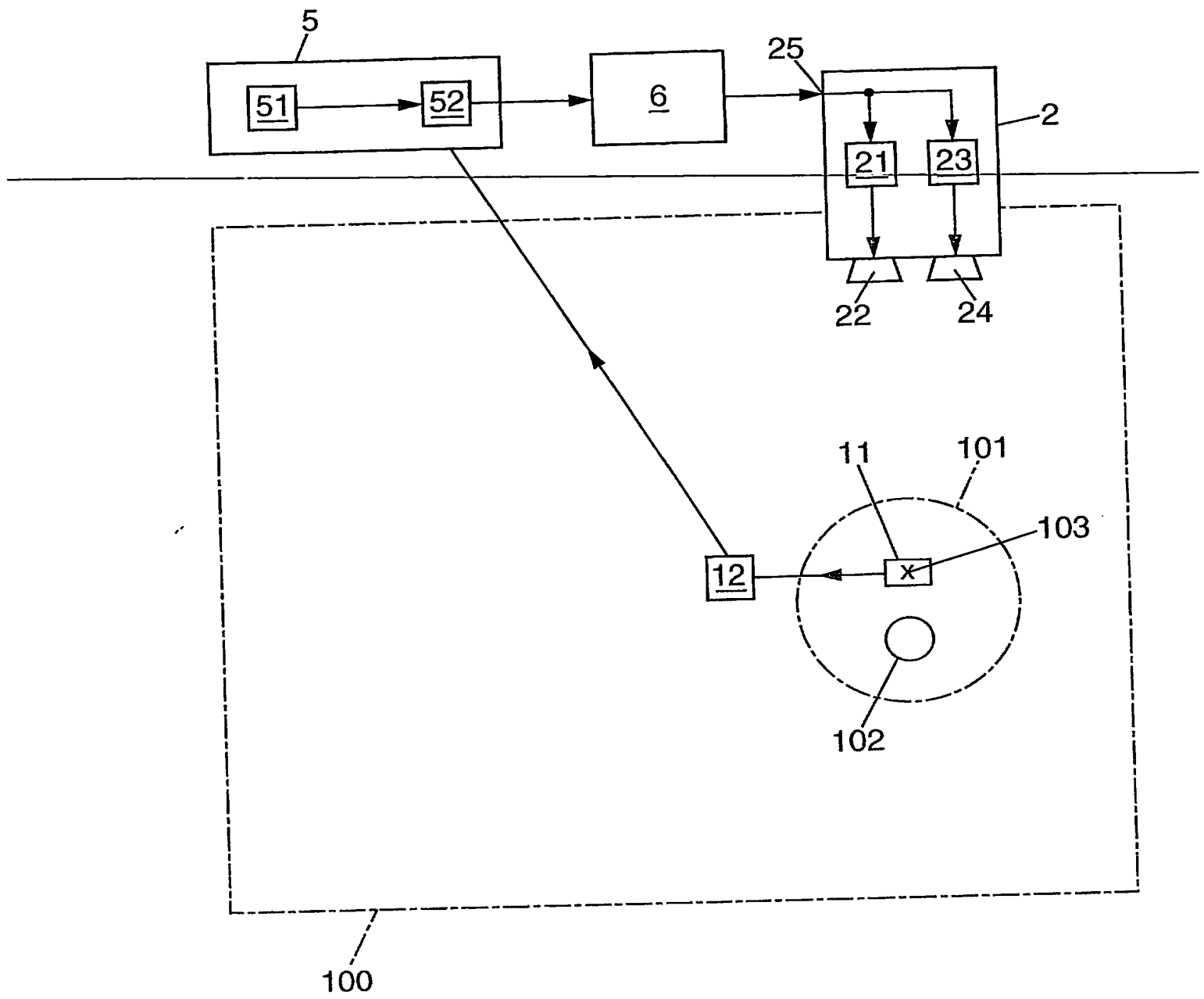


FIG. 2

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1. / 2.

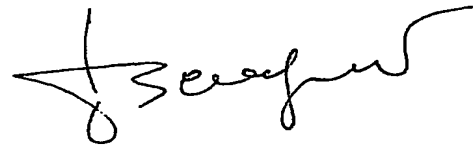
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		BFF020166	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0207140	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
PROCEDE DE SONORISATION.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
CYNOVE			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		LEWINER Jacques	
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	7 avenue de Suresnes 92210 SAINT-CLOUD FRANCE	
	<b>Code postal et ville</b>	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		JAVELOT Sylvain	
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	32 rue des Peupliers 75013 PARIS FRANCE	
	<b>Code postal et ville</b>	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		LEBRUN Damien	
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	3 rue de Salis 78800 HOUILLES FRANCE	
	<b>Code postal et ville</b>	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		Le 10 juin 2002  CABINET PLASSERAUD  Francis BEROGIN  92-4005	



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 2. / 2.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 300301

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		BFF020166	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		020740	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
PROCÉDE DE SONORISATION.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>  CYNOVE			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		DEBUSNE Stéphane	
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	10 rue Gabriel Péri	92120 MONTRouGE FRANCE
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance</b> (facultatif)			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance</b> (facultatif)			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance</b> (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		Le 10 juin 2002  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  Francis BEROGIN  92-4005  